

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

09/869507

DE 00/03397

**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 15 DEC 2000

WIPO

PCT

ESU

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 199 52 056.9

Anmeldetag: 28. Oktober 1999

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH,
Stuttgart/DE

Bezeichnung: Abstandssensor mit einer Kompensations-
einrichtung für einen Dejustagewinkel an
einem Fahrzeug

IPC: G 12 B, B 60 Q, B 60 R

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 02. November 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Seiler

21.10.99 We/Ep

5 ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Abstandssensor mit einer Kompensationseinrichtung für einen
Dejustagewinkel an einem Fahrzeug

10

Stand der Technik

15

20

30

Die Erfindung geht aus von einem Abstandssenor für ein Fahrzeug mit einem Sensor zum Senden von Mikrowellen oder Licht bzw. zum Empfangen eines von einem Zielobjekt reflektierten Echsignals nach der Gattung des Hauptanspruchs. Bei Geschwindigkeitsreglern mit einem Abstandssensor (Adaptive Cruise Control, ACC) ist schon bekannt, die Fahrgeschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs an langsamere, vorausfahrende Fahrzeuge anzupassen, wenn diese von dem Abstandssensor erfaßt werden. Der Abstandssenor hat jedoch einen begrenzten Erfassungsbereich und kann somit nur solche Fahrzeuge erfassen, die sich im voraussichtlichen Kursbereich des nachfolgenden Fahrzeugs befinden. Eine Dejustage dieses Erfassungsbereichs, die entweder bei der Montage an dem Fahrzeug oder während des Betriebs auftreten kann, bewirkt jedoch, daß die Längsachse des Abstandssensors relativ zur Sollausrichtung (Mittelachse des Fahrzeugs) einen systematischen Fehlerwinkel aufweist. Die Folge hieraus kann sein, daß dieser Dejustagewinkel beispielsweise zu einer falschen Spurzuordnung eines erfaßten Radarobjektes auf der Bewegungsbahn des Kraftfahrzeugs (Trajektorie), d.h. eines verfolgten oder entgegenkommenden Fahrzeugs führt und

es dadurch zu einer ungewollten Reaktion des Geschwindigkeitsreglers kommen kann.

5 Bekannt ist beispielsweise aus der DE 197 46 524 A1 eine
Kompensationseinrichtung zur Kompensation der
Einbautoleranzen eines Abstandssensors an einem Fahrzeug,
bei der Einbautoleranzen des Abstandssensors kompensiert
werden. Mittels einer Auswerteelektronik werden während des
10 Fahrbetriebs aktuelle Objektabstände und ein aktueller
Objektwinkel für erfaßte Objekte relativ zur Fahrzeugachse
gemessen. Dabei wird der Dejustagewinkel durch
Mittelwertbildung über viele Messungen zum aktuellen Ziel-
objekt bestimmt. Allerdings funktioniert diese Mittelwert-
bildung nur dann zufriedenstellend, wenn das Fahrzeug das
15 Zielobjekt, ein vorausfahrendes, zweites Fahrzeug, auf einer
ausreichend langen geraden Strecke verfolgen kann, so daß
häufige Messungen zum Zielobjekt durchführbar sind. Bei
Straßenkrümmungen oder auch Berg- und Talfahrten mit sich
änderndem Höhenwinkel versagt diese Methode.

20 Bei der Vorrichtung zur Berechnung und Korrektur eines
Dejustagewinkels für einen Abstandssensor gemäß der
EP 0 782 008 A2 wird dagegen der Winkel für die Abweichung
von der Mittelachse mittels eines Regressionsverfahrens
beschrieben. Dabei werden in jedem Meßzyklus Winkel in
Abhängigkeit vom Abstand von bewegten oder besser noch von
stehenden Radarobjekten gemessen. Insbesondere bei sehr
dichtem Verkehr sind jedoch nicht genügend geeignete Objekte
im Sichtbereich des Sensors vorhanden, so daß nicht genügend
30 Meßwerte vorliegen. So hat jedes Verfahren den Nachteil, daß
die Verfügbarkeit von Meßwerten von der Fahrsituation bzw.
von der Verkehrssituation abhängt.

Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Abstandssensor bzw. der Geschwindigkeitsregler gemäß den nebengeordneten Ansprüchen 1 und 11 hat demgegenüber den Vorteil, daß sich durch die Kombination von mehreren Methoden zur Bestimmung eines Dejustagewinkels die Zuverlässigkeit der Dejustageerkennung erhöht.

Ein besonderer Vorteil gegenüber dem bekannten Stand der Technik wird auch darin gesehen, daß die Messungen für den Dejustagewinkel nicht nur auf einer geraden Fahrstrecke, sondern auch in einer Kurve durchführbar sind. Hierdurch ergeben sich mehr Meßwerte, die insbesondere auch die Mittelwertbildung begünstigen.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Abstandssensors möglich. Besonders vorteilhaft ist, daß als weiteres Mittel ein Gierratensensor vorgesehen ist, dessen Signale zur Korrektur der Trajektorienkrümmungen verwendbar sind. Da der Gierratensensor die Drehbewegung des Fahrzeugs um die Hochachse erfaßt, erkennt er somit unter Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit auch die Krümmung der Fahrbahn oder Kurve, so daß aus diesen Daten entsprechende Winkelberechnungen zu einem vorausfahrenden Fahrzeug, das vom Sensor erfaßt wurde, durchgeführt werden können. Als Krümmung einer Trajektorie wird dabei der Kehrwert des Radius der Bahn (in englisch: curvature) angesehen.

Mit Hilfe einer adaptiven Langzeitfilterung werden aus den ermittelten Dejustagewinkeln von Einzeltrajektorien Qualitätsindikatoren der Trajektorie ermittelt. Mit Hilfe der Qualitätsindikatoren der Trajektorie wird die Zuverlässigkeit der Winkelmessung vorteilhaft verbessert. Dabei erfolgt die Bestimmung des Qualitätsindikators beispielsweise aus dem Korrelationswert einer Regressionsanalyse, aus

der Krümmung, der Anzahl der Meßpunkte, der Trajektorienlänge und/oder der Objektgeschwindigkeit. Da diese Parameter relativ einfach zu erfassen sind, ist damit auch eine einfache Berechnung des Qualitätsindikators möglich.

5

Für die Anwendung der adaptiven Langzeitfilterung der ermittelten Dejustagewinkel aus Einzeltrajektorien eignet sich beispielsweise ein rauschoptimales, lineares, adaptives Filter (z.B. Kalman-Filter) oder ein nichtlineares Filter, bei dem die Gewichtung des Einzelmeßwerts aus der Gütebewertung, basierend auf Qualitätsindikatoren der Trajektorie, beruht.

10

Als ein geeignetes adaptives Langzeitfilter ist auch ein nichtlineares Filter verwendbar, bei dem die Gewichtung der Einzelmeßwerte aus der Gütebewertung erfolgt.

15

Als besonderer Vorteil wird angesehen, daß bei einer Anordnung des Sensors außerhalb der Mittelachse des Kraftfahrzeugs die Steuerung den Justagewinkel in Bezug auf die Mittelachse des Fahrzeugs ermittelt. Dadurch wird auch der seitliche Winkel kompensiert, der durch die Mittenverschiebung des Sensors entsteht.

20

Günstig ist auch, daß die Ermittlung des Dejustagewinkels entweder in Abhängigkeit von den gewichteten Mittelwerten des Gierratensensors oder denen aus dem Versatz von der Mittelachse gewichtet wird. Dadurch erhält man eine Verbesserung der Signalqualität, die je nach Verfügbarkeit der einzelnen Systeme die Robustheit des Verfahrens zur Bestimmung des Dejustagewinkels verbessert, da nahezu immer mindestens eines der beiden Verfahren geeignete Eingangsdaten erhält. Das eine Verfahren kompensiert dadurch vorteilhaft die Schwächen des anderen Verfahrens.

30

35

Durch die Wichtung über die gemittelten Mittelwerte der beiden Einzelverfahren erhält man eine verbesserte Signalqualität.

5 Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

10

Figur 1 zeigt ein 1. Diagramm mit Winkeldarstellungen von Strahlengängen, Figur 2 zeigt ein Blockschaltbild eines Abstandssensors und Figur 3 zeigt ein 2. Diagramm.

15

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

20

Figur 1 zeigt zwei Kraftfahrzeuge 5, 6, die auf einer Straße mit einem Abstand d hintereinander herfahren, wobei davon ausgegangen wird, daß sich das Kraftfahrzeug 5 hinter dem Kraftfahrzeug 6 befindet. Des weiteren sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die Mittenstrahlen eines Sensors 2 dargestellt, nicht die gesamte Strahlung im Abstrahlungsbereich. Dabei wird in dem Ausführungsbeispiel angenommen, daß an der Frontseite in einer ersten Ausführungsvarianten ein Sensor 2 mittig an der Frontseite des Kraftfahrzeugs 5 angebracht ist. Er ist dabei so ausgerichtet, daß sein Mittelstrahl das Heck des vorausfahrenden Kraftfahrzeugs 6 erfaßt. Aufgrund einer angenommenen Dejustage trifft der Sendestrahl nicht entlang der Mittelachse des Kraftfahrzeugs 5 auf das Heck auf, sondern um einen mittleren Winkel α_{sensor} verschoben. Vollständigkeitshalber wird noch darauf hingewiesen, daß dieser reflektierte Strahl von einer entsprechenden Empfangseinrichtung des Sensors 2 empfangen und ausgewertet wird.

30

35

Ein solches Auswerteverfahren ist beispielsweise aus der DE 197 46 524 A1 bekannt. Gemäß dem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel wird der Sensor nun nicht mittig, sondern seitlich versetzt mit einem Abstand y_{radar} versetzt angeordnet. Bei diesem Sensor 2 trifft nun der Mittenstrahl b mit einem Winkel α_{vehicle} am Heck des Zielobjekts 6 auf die verlängerte Mittelachse des Kraftfahrzeugs 5 auf. Aus dieser von der Mitte versetzten Anordnung um den Abstand y_{radar} und dem Abstand d zum vorausfahrenden Fahrzeug 6 kann nun ein Winkel bestimmt werden nach Gleichung

$$\alpha_{\text{vehicle}} = \alpha_{\text{sensor}} + y_{\text{radar}}/d.$$

Dieser Winkel α_{vehicle} wird durch wiederholte Messungen während der Fahrt und einer geeigneten Langzeitfilterung ermittelt. Mit diesem systematischen Fehler kann die Winkelmessung des Sensors 2 korrigiert werden.

Dieses vornehmlich auf einer geraden Strecke durchgeführte Verfahren mit der Kompensation des Dejustagewinkels über die Mittelung des aktuellen Zielobjektwinkels über eine Vielzahl von Messungen ist weniger in Kurven anwendbar, da hier das Ziel „vorausfahrendes Fahrzeug 6“ stets eine relative Fahrzeugposition in Bezug auf den Sensor 2 bedingt durch den Kurvenradius ändert. Um den Fehler, der durch den Kurvenradius der Straße bedingt ist, zu kompensieren, ist am Kraftfahrzeug 5 ein Gierratensensor 3 vorgesehen, der die Richtungsänderung des Kraftfahrzeugs 5 um seine Hochachse erfaßt. Mit Hilfe des normierten Signals aus dem Gierraten-sensor 3 und dem Winkel α_{vehicle} ergibt sich eine mittlere Abweichung für den kurvenkorrigierten Winkel nach der Formel

$$d_{\alpha_objekt} = \text{Mittelwert}(\alpha_{\text{vehicle}} - d^2 \cdot \text{Gierrate} / (2 \cdot \text{Fahrgeschwindigkeit})),$$

wobei d_{α_objekt} dem korrigierten Winkel und die Gierrate dem Signal des Gierratensensors 3 entspricht.

Es ist vorgesehen, die Mittelung über eine Langzeit-Tiefpaßfilterung durchzuführen. Je nach Häufigkeit der Mittelung kann des weiteren für die Größe d_{α_objekt} ein Qualitätswert q_{objekt} für die Zuverlässigkeit des Winkels angegeben werden. Da eine Kurve 11 einer Straße in eine Vielzahl von Trajektorien eingeteilt werden kann, ergibt sich für die Bestimmung des Dejustagewinkels eine weitere Möglichkeit durch Anwendung eines per se bekannten Regressionsverfahrens, wie es beispielsweise in der EP 0 782 008 A2 beschrieben ist. Erfindungsgemäß werden entsprechend der Figur 3 in Abhängigkeit vom Abstand zu einem bewegten oder besser noch stehenden Zielobjekt 10, beispielsweise einem Leitplankenteil oder einem Pfosten, die Winkel w_1 bzw. w_2 je nach der Position A bzw. B des Fahrzeuges 5 in der Kurve 11 gemessen. Aus dem Abstand $d(t_i)$ bzw. $d(t_j)$ zum Zeitpunkt t_i (Position A) bzw. t_j (Position B) des Fahrzeugs 5 z. B. zum Standziel 10 läßt sich nach einfacher trigonometrischer Umrechnung ein lateraler Versatz $y(t_i)$ bzw. $y(t_j)$ errechnen. Im Gegensatz zum bekannten Verfahren ergeben sich dadurch für die Kurvenfahrt vorteilhaft zusätzliche Meßpunkte im Sichtbereich des Sensors 2. Erfindungsgemäß wird daher vorgeschlagen, dieses Verfahren der Regressionsanalyse von Trajektorien ebenfalls mit dem Gierratensignal des Gierratensensors 3 zu verknüpfen, um die Trajektorienkrümmungen zu kompensieren. Die so gewonnenen Meßwerte werden durch eine adaptive Langzeitfilterung der ermittelten Dejustagewinkel aus Einzeltrajektorien gemittelt. Als geeignete Filter kann ein rauschoptimales, lineares adaptives Filter, beispielsweise

ein Kalman-Filter verwendet werden. Alternativ ist auch ein nichtlineares Filter verwendbar, bei dem die Gewichtung des Einzelmeßwerts aus der Gütebewertung beruht, die auf Qualitätsindikatoren der Trajektorie basiert. Die Qualitätsindikatoren werden z.B. aus dem Korrelationswert der Regressionsanalyse, aus der Krümmung, Anzahl der Meßpunkte, Trajektorienlänge und Objektgeschwindigkeit gebildet.

Als Ergebnis wird ein gleitender langzeitgefilterter Dejustagewinkel d_{α_traj} bzw. ein Qualitätswert q_traj für die Zuverlässigkeit des Winkels ermittelt bzw. mit jeder analysierten Trajektorie aktualisiert.

Da auch dieses zweite Verfahren insbesondere im dichten Kolonnenverkehr nicht immer geeignete Trajektorien liefert, werden in einer alternativen Lösung vorteilhaft beide Ansätze miteinander verknüpft. In Abhängigkeit von der Zuverlässigkeit der einzelnen Verfahren können die Gewichtungen der Ansätze statisch oder dynamisch variiert werden. Die Verknüpfung beider Ansätze erfolgt über einen gewichteten Mittelwert beider Einzelverfahren. Die Gewichte werden aus den Qualitätszahlen bestimmt:

$$d_{\alpha} = G1(q_traj) * d_{\alpha_traj} + G2(q_obj) * d_{\alpha_obj}.$$

$G1(q_traj)$ und $G2(q_obj)$ sind dabei die Gewichte aus den Qualitätszahlen. Q_traj und q_obj bilden dabei die Qualitätszahlen Q_i .

Durch die Einführung von Qualitätszahlen Q_i für das jeweilige Verfahren mit einer Dekrementierung von Q_i , falls für das Verfahren im aktuellen Zyklus keine Eingangsgrößen vorliegen, und einer Inkrementierung, falls Eingangsgrößen vorliegen, wurde eine einfache Auswahlmöglichkeit gefunden,

welches der beiden Verfahren im Augenblick die zuverlässigere Aussage über die aktuelle Winkelmessung liefert. Neben der Verbesserung der Signalqualität durch die Kombination erhöht sich auch die Robustheit der Verfahren, da
5 nahezu immer mindestens eins der beiden Verfahren geeignete Eingangsdaten erhält, d.h. ein Verfahren kompensiert die Schwächen des anderen Verfahrens.

Figur 2 zeigt ein Blockschaltbild des Abstandssensors 10, in dem die Steuerung 1 mit dem Sensor 2 und dem Gierratensensor 3 verbunden ist. Des weiteren ist eine
10 Kompensationsvorrichtung für die Winkelmessung 4 vorgesehen, in der u.a. die Berechnung für die Winkel u.a. durchgeführt wird. Die vorgenannten Berechnungen werden vorzugsweise mit
15 einem Programm durchgeführt, das von dem Mikrocomputer der Steuerung 1 abgearbeitet wird.

21.10.99 We/Ep

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Ansprüche

10

15

20

1. Abstandssensor für ein Kraftfahrzeug, mit einem Sensor (2) zum Senden von Mikrowellen oder Licht bzw. Empfangen eines vom einem Zielobjekt reflektierten Echsignals, und mit einer Steuerung (1), die Mittel aufweist, während einer Fahrt auf einer geraden Straße aus den gesendeten und empfangenen Strahlen mittels eines Algorithmus einen Dejustagewinkel (α_{sensor}) des Sensors (2) in Bezug auf die Mittelachse (M) des Kraftfahrzeugs (5) zu ermitteln und mit diesem die laufende Winkelmessung zu korrigieren, dadurch gekennzeichnet, daß weitere Mittel (3) vorgesehen sind, mit denen bei einer Fahrt durch eine Kurve eine Kompensation von Trajektorienkrümmungen durchführbar ist.

2. Abstandssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das weitere Mittel (3) ein Gierratensensor ist, dessen Signale zur Korrektur der Trajektorienkrümmungen verwendbar sind.

30

3. Abstandssensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (1) ausgebildet ist, aus den ermittelten Dejustagewinkeln von Einzeltrajektorien durch adaptive Langzeitfilterung einen Qualitätsindikator (q_{traj}) der Trajektorie zu bestimmen.

35

4. Abstandssensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Qualitätsindikator (q_{traj}) beispielsweise aus dem Korrelationswert einer Regressionsanalyse, aus der Krümmung, der Anzahl der Meßpunkte, der Trajektorienlänge und/oder der Objektgeschwindigkeit (6) gebildet ist.

5. Abstandssensor nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß das adaptive Langzeitfilter ein rauschoptimales, lineares Filter, vorzugsweise ein Kalman-Filter ist.

6. Abstandssensor nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß das adaptive Langzeitfilter ein nicht lineares Filter ist, bei dem die Gewichtung des Einzelmeßwerts aus der Gütebewertung erfolgt.

7. Abstandssensor nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Anordnung des Sensors (2) außerhalb der Mittelachse (M) des Kraftfahrzeugs (5) die Steuerung (1) den Dejustagewinkel (α_{sensor}) im Bezug auf die Mittelachse (M) ermittelt.

8. Abstandssensor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (1) ausgebildet ist, den Dejustagewinkel entweder in Abhängigkeit von den gewichteten Mittelwerten des Gierratensensors (3) oder dem Versatz (y_{radar}) von der Mittelachse (M) zu wichten.

9. Abstandssensor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Wichtung über die gewichteten Mittelwerte der beiden Einzelverfahren erfolgt.

10. Abstandssensor nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Gewichten (G_1 , G_2)

Qualitätszahlen für den Dejustagewinkel nach der Formel gebildet werden:

$$d_{\alpha} = G1(q_{\text{traj}}) * d_{\alpha_{\text{traj}}} + G2(q_{\text{obj}}) * d_{\alpha_{\text{obj}}},$$

wobei d_{α} der momentan geltende Dejustagewinkel zur Mittelachse (M) ist und $G1(q_{\text{traj}})$ bzw. $G2(q_{\text{obj}})$ sind gewichtete Mittelwerte aus den Werten des Gierratensensors bzw. dem Mittenversatz, $d_{\alpha_{\text{traj}}}$ und $d_{\alpha_{\text{obj}}}$ sind zugehörige Winkel.

11. Geschwindigkeitsregler mit einem Sensor nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (2) im Front- und/oder Heckbereich eines Kraftfahrzeugs (5) angeordnet ist.

21.10.99 We/Ep

5 ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Abstandssensor mit einer Kompensationseinrichtung für einen
Dejustagewinkel an einem Fahrzeug

10

Zusammenfassung

15

20

Erfindungsgemäß wird ein Abstandssensor mit einem Sensor für ein Kraftfahrzeug vorgeschlagen, bei dem Mittel vorgesehen sind, mit denen bei einer Fahrt nicht nur auf einer geraden Straße, sondern auch in Kurven Dejustagewinkel und Trajektorienkrümmungen kompensierbar sind. Bei einem aus der Mittelachse des Fahrzeugs versetzt angeordneten Sensor (2) wird ein Winkel (α_{sensor}) gemessen, der die verlängerte Mittelachse des Kraftfahrzeugs (5) am Zielobjekt, ein vorausfahrendes Fahrzeug (6), schneidet. Durch eine zusätzliche Verwendung eines Gierratensensors (3) werden auch Kurvenkrümmungen der Straße kompensiert, so daß die Winkel- und Abstandsmessung auch in Kurven erfolgen kann.

30

(Figur 1)